

REPUBLIQUE DU SENEGAL

Un Peuple – Un But – Une Foi

Université Cheikh Anta DIOP de Dakar

Ecole Supérieure Polytechnique



Centre International de Formation et de Recherche en Energie Solaire

**Dossier de consultation restreinte en Procédure
Négociée N° 83335258**

**Optimisation des performances d'une presse solaire pour
l'extraction productive de l'huile de Baobab et de Moringa au
Sénégal**

N° Projet : 15.2217.6-001.00

Livrable

Janvier 2020

RAPPORT FINAL SUR LES TESTS PRELIMINAIRES SUR L'ANALYSE DES PERFORMANCES DE LA PRESSE A HUILE

Maître d'œuvre :

GIZ-PED

Sommaire

	<u>Pages</u>
1 Introduction.....	3
2 Objectif du projet.....	4
3 Etude technique.....	6
3.1 Caractérisation électromécanique de la presse.....	8
3.1.1 Réalisation du banc d'essai	10
3.1.2 Paramètres influant sur le rendement d'huile	11
3.1.3 Test 1 : Vitesse correspondante pour chaque position	13
3.1.4 Test 2 : Courant de démarrage.....	13
3.1.5 Test 3 : Evolution de la température en fonction du temps	15
3.1.6 Test 4 : Influence de la vitesse sur les performances	16
3.1.7 Test 5 : L'influence des buses	17
3.1.8 Test 6 : L'influence de l'humidité.....	17
3.1.9 Protocole de démarrage de la presse	19
3.2 Etude de faisabilité de l'extraction d'huile de Moringa.....	20
3.2.1 Tests sur l'influence de la vitesse.....	21
3.2.2 Tests de l'influence de la taille des buses.....	23
3.2.3 Tests de l'influence du taux d'humidité	23
3.2.4 Tests de la capacité de production de la machine.....	25
3.3 Etude de faisabilité de l'extraction d'huile de Baobab.....	26
3.3.1 Tests de l'influence de la vitesse de rotation de la presse	27
3.3.2 Tests de l'influence de la taille des buses.....	29
3.3.3 Tests de l'influence du taux d'humidité de la poudre de Baobab.....	30
3.3.4 Tests de la capacité de production de la machine.....	30
3.4 Tests de la qualité de l'huile de Moringa et de Baobab	32
3.4.1 Indice de réfraction: (selon AFNOR NFT 60-212)	32
3.4.2 Indice de saponification : (selon AFNOR NFT 60-206)	34
3.4.3 Indice d'acide Ia: (selon AFNOR NFT 60-204).....	35
3.4.4 Résultats des tests effectués.....	35
3.5 Dépulpage des graines de Baobab	36
3.5.1 Méthodologies d'extraction.....	36
3.5.2 Résultats de l'extraction	37
4 Annexe : Récapitulatifs des tests effectués	39

1 Introduction

Le baobab appartient au patrimoine sénégalais dont il est un symbole. De nombreux éléments du pain de singe (le fruit du baobab) peuvent être transformés pour en tirer un avantage économique. Les graines de baobab, notamment, permettent l'extraction d'une huile précieuse et recherchée. Le Moringa est également un arbuste typique de la flore sénégalaise, et les vertus de l'huile tirée de ses graines sont tout aussi recherchées. Dans le cadre du développement de l'usage productif des presses à huile électrique et en parallèle au développement du projet sur l'arachide, le P.E.D souhaite étendre ses pilotes aux huiles de Moringa et de Baobab.

L'utilisation de l'énergie photovoltaïque est aujourd'hui non seulement un moyen durable de produire de l'électricité, mais aussi un moyen rentable. Le Sénégal est l'un des pays subsahariens dont le rayonnement solaire est supérieur à 5 kWh/m² /jour. La promotion de l'énergie solaire représente donc une réelle opportunité pour le développement et la croissance économique des secteurs de l'agriculture et de la transformation alimentaire en contribuant à réduire la dépendance énergétique du pays.

Le secteur agricole peut tirer un grand profit de la réduction des coûts des systèmes photovoltaïques qui sont de plus en plus abordables. L'utilisation productive de l'énergie à partir des systèmes solaires favorise de nouvelles opportunités d'affaires. La disponibilité de l'électricité (réseau) permet aussi l'utilisation des systèmes conventionnels. L'usage des énergies renouvelables comme systèmes autonomes est profitable mais doit tenir en compte du caractère fluctuant pour assurer la satisfaction et la productivité des utilisateurs. les systèmes d'irrigation au fil su soleil offre une bonne illustration, la demande d'énergie est adaptée à la disponibilité réelle de l'énergie solaire ce qui permet de réduire l'utilisation de batteries coûteuses.

Ce projet s'inscrit dans ce contexte qui vise à améliorer la filière transformation des produits agricoles pour augmenter les revenus des producteurs par la production d'une huile de qualité.

L'amélioration des rendements et des performances de la filière passe par une mécanisation dans la production des matières premières mais surtout dans la transformation.

C'est pourquoi le projet «Optimisation des performances d'une presse solaire pour l'extraction productive de l'huile de Baobab et de Moringa au Sénégal» a été lancé par le Programme Energie Durable du GIZ. Ce projet est une suite logique d'un projet similaire portant sur l'arachide.

Il s'agit d'une étude de la faisabilité de l'extraction continue d'huile de Baobab et de Moringa à partir de machines électriques.

Ce livrable met le focus sur la caractérisation des performances de la presse à huile. Pour bien effectuer la caractérisation de la presse, il est nécessaire de comprendre au préalable son fonctionnement de la presse. La presse étant l'outil de transformation il convient d'en faire une description.

L'objectif étant de faire la caractérisation électromécanique des performances de la presse tout en déterminant les paramètres d'utilisation optimale pour avoir le meilleur taux d'extraction.

2 Objectif du projet

L'objectif global de la mission est de répondre à la question suivante :

Quel est l'usage optimal de la presse en fonction de la qualité de la graine (humidité, granulométrie, dureté, teneur en huile), de la vitesse de rotation de la machine, de la taille des buses et éventuellement de la température de préchauffage?

Les performances optimales de la machine dépendent des caractéristiques de la graine (coque, composition des grains, teneur en huile, dureté, granulométrie), des besoins en énergie, de l'usure des pièces de la machine,

de la température, de l'humidité des graines, de la vitesse de rotation de la machine et du diamètre des buses. Pour ces raisons, l'optimisation des performances de la presse à huile électrique doit tenir compte de :

- Type de graines oléagineuses
- Coût et capacité de la presse à huile.
- Qualité de l'huile et récupération d'huile en introduisant des stratégies de fonctionnement intelligentes (diamètre des buses et contrôle de la vitesse de rotation de la vis en fonction de la disponibilité de l'énergie).

La mission de l'Ecole Supérieure Polytechnique dans ce projet est d'assurer un accompagnement technique au Programme Energie Durable du GIZ. Cet accompagnement couvre principalement deux volets suivants :

1 Tests préliminaires sur le Moringa et le Baobab à partir du dispositif expérimental existant (WP1)

a. Essai d'extraction pulpe Graines de Baobab

La graine de baobab est revêtue d'une pulpe nourricière très prisée. Une mise en place d'une technique d'extraction permettra de valoriser ce sous-produit

b. Etude et évaluation de la faisabilité de l'extraction continue d'huile de Baobab et de Moringa à partir d'une presse électrique alimentée avec l'énergie solaire PV à l'échelle du projet pilote identifié avec l'ONG de Ndem

c. Caractérisation de la performance du pressoir à huile et des graines étudiées (Evaluation de la capacité de traitement de la machine pour chacune des graines en kg/heure, consommation d'énergie en Wh/kg de graines pressé, et température de pressage, et puissance consommée par la machine pour le fonctionnement nominal)

d. Détermination d'un protocole et un processus à suivre pour une extraction tenant en compte les caractéristiques de la graine, la disponibilité de l'énergie et les contraintes de la machine (capacité, rendement, durée de vie, etc.)

e. Evaluation de la qualité de l'huile recueillie.

2 Protocole détaillé de fonctionnement de la presse pour les huiles de baobab et de moringa (WP2)

- a. Etude et réalisation des tests de performance au laboratoire et des tests approfondis sur le terrain.
- b. Conception et choix des différents composants du dispositif expérimental à installer sur le terrain.
- c. Installation du dispositif expérimental
- d. Réalisation/réadaptation du banc d'essai déjà installé au laboratoire pour le précédent projet sur l'arachide.
- e. Analyse chimique de la qualité de l'huile produite par le laboratoire d'analyse de l'ESP
- f. Accompagner le PED-GIZ en tant que conseiller technique;
- g. Documentation technique sur l'usage de la machine
- h. Formation de l'équipe du projet NDEM

3 Etude technique

Dans le cadre du précédent projet sur l'arachide, nous avons déjà étudié et installé le matériel nécessaire pour des tests préliminaires dans un local dédié.

Nous avons étudié dans le WP1 les caractéristiques préliminaires de la machine en fonction des graines de Baobab et de Moringa à travers les points suivants:

- Essai d'extraction pulpe Graines de Baobab et de leur transformation
- la caractérisation électromécanique (puissance nominale, courant de démarrage, couple) de la presse en fonction des paramètres (granulométrie, humidité, quantité, variété) des semences,
- Etude du rendement d'extraction (quantité d'huile produite par échantillon, gâteau de presse, etc.)
- Efficacité d'extraction et de récupération (quantification du gâteau de presse, de l'huile brute et de l'huile sédimentée)

- Consommation d'énergie (Wh/kg de graines pressées) et température de pressage
- Qualité de l'huile recueillie

Livrable : Un rapport technique présentant l'étude préliminaire.

Plusieurs tests ont été effectués dans le cadre de cette étude de faisabilité pour déterminer les paramètres avec lesquels on obtient un meilleur rendement d'extraction (**paramètres optimaux**). Les paramètres les plus influents sont :

- ✓ la **vitesse de rotation** de la machine qui peut être réglée par un variateur de vitesse
- ✓ la **taille de la buse** par un changement du diamètre de la buse
- ✓ le **taux d'humidité** de la matière (Moringa ou baobab)

Le WP 2 permettra de d'effectuer des tests détaillés devant aboutir à un protocole d'usage optimal de la presse KK dans le cas de l'extraction mécanique d'huile à partir des graines de baobab et de Moringa. Des recommandations seront proposées :

1. sur la configuration optimale (vitesse de rotation de la machine, température opérationnelle, taux d'humidité des graines, diamètre de la buse) permettant d'obtenir les meilleurs rendements en fonction des types de graines.
2. Sur le matériel supplémentaire éventuellement nécessaire qui sera acheté par le PED et alloué à l'Université pour la durée du projet.

La définition du protocole détaillé portera sur les éléments suivants :

- Vitesse de rotation, taux d'humidité des graines, température et taille de buse optimales
- Dimensionnement optimal du système d'alimentation solaire et de stockage par batteries,
- Les données de performance préliminaires recueillies dans le WP 1 seront précisées dans le cadre du protocole de test optimal

Les tests seront poursuivis dans 2 cadres différents :

- En laboratoire afin de réaliser les batteries de tests nécessaires à l'élaboration d'un protocole optimal.
- Sur le terrain, afin de tester le dispositif en conditions réelles et d'accompagner l'ONG de Ndem dans l'exploitation de la presse. Pour ce faire, un prototype sera installé dans les infrastructures du partenaire cible, l'ONG de Ndem. L'ESP à travers le laboratoire CIFRES coordonnera l'encadrement et la réalisation des tests, ainsi que l'accompagnement de l'ONG dans la mise en place technique de son projet.

Le PED a mis à notre disposition 150 kg de graines de Baobab et 50kg de Moringa. Les graines sont d'abord lavées, nettoyées, séchées (séchoir solaire) et stockées dans des conditions contrôlées au sein de notre laboratoire à l'ESP. Elles nous ont servi de matières premières pour les évaluations expérimentales. Pour les tests en conditions réelles sur le terrain, l'ONG de Ndem fournira la matière première nécessaire à la poursuite des tests et le PED programmera une mission d'une semaine nous sommes prêts et disponibles.

3.1 Caractérisation électromécanique de la presse

Lors du précédent projet sur l'arachide nous avons étudié dans les détails le fonctionnement de la presse à huile qui a été mis à notre disposition par le PED. Nous avons également étudié et complété le matériel supplémentaire. Nous avons étudié le matériel nécessaire à l'installation, la mise en service et avons effectué les premiers tests de la presse à huile. Le matériel est installé dans les locaux du CIFRES.

Nous avons étudié dans cette phase les contraintes électriques (courant de démarrage, puissance nominale, couple, etc.), mécanique et thermique de la presse. Ce travail permettra de bien adapter le système de démarrage que nous mettrons en place pour gérer ces contraintes.

La figure 1 présente une photo de la presse pour un schéma d'ensemble de l'extraction mécanique d'huile, il s'agit d'une avec presse à vis. Une presse à vis mécanique se compose d'une vis hélicoïdale tournant horizontalement à l'intérieur d'un cylindre de presse perforé (barillet) et d'une tête de presse en tant que parties fixes. Une buse est assemblée avec la tête de presse comme sortie pour sortir les des résidus, où le diamètre joue un rôle majeur dans la définition de l'obstruction du flux de matière.

L'huile est évacuée par les trous perforés du cylindre de presse. La compression se produit lorsque les matières premières s'écoulent avec la vis d'Archimède et sont pressées par obstruction dans la tête de la presse et évacuées par le petit trou de la buse au diamètre spécifié. Par conséquent, les résidus se présentent sous forme de gâteau ou de pellet, connu sous le nom de gâteau de presse ou gâteau de semence.



Figure 1 : presse KK Huile Prince F Universel

La presse est dotée d'un moteur asynchrone dont les caractéristiques nominales sont regroupées dans le tableau 1.

Tableau 1: Caractéristiques électriques du moteur de la presse

Grandeur	Valeur
P_n	1,5kW

In	6,6 A
Un	230 V
F	50 Hz
Cos phi	0,74

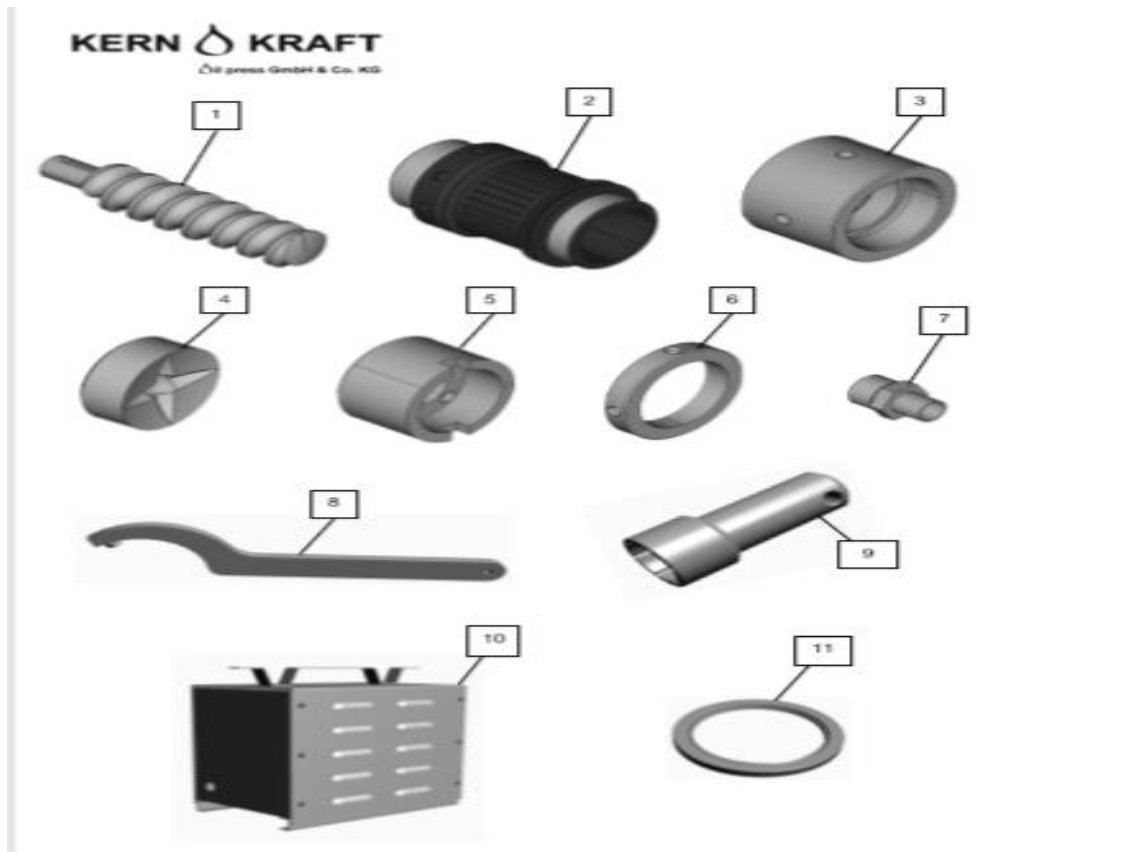


Figure 2 : Description des éléments de la presse

- 1 Vis standard (graines molles)
- 2 Tamis / baril (graine dure)
- 3 Écrou de couverture
- 4 Disjoncteur (standard)
- 5 Boulon du récepteur du disjoncteur
- 6 Contre-écrou
- 7 Buse (Ø différent disponible)
- 8 Clé à ergots
- 9 Clé de buse
- 10 Réchauffeur (standard)
- 11 Arbre joint

3.1.1 Réalisation du banc d'essai

Après avoir complété l'ensemble des composants du système, la machine devant être caractérisée est d'abord installée sur un support commode

(hauteur de travail, résistance chauffante, accessibilité, bouton marche arrêt). Ensuite, nous avons fait les tests à vide en tournant la machine 2 heures de temps tout en relevant le courant de démarrage à vide, la consommation d'énergie, pour vérifier son fonctionnement à vide. La réalisation du banc d'essai est illustrée par le schéma de la figure 3.



Figure 3: Ensemble des composants de la presse

Les protocoles de test adoptés pour la caractérisation de la presse sont présentés dans les sections 3.1.3 à la section 3.1.8.

3.1.2 Paramètres influant sur le rendement d'huile

L'amélioration du taux d'extraction d'huile des graines de Moringa et de Baobab par pressage est influencée par certains paramètres tels que (figure 4) :

- L'humidité
- La température (que nous avons éliminée après plusieurs tests et pour conserver la qualité de l'huile sauf au démarrage durant 5 minutes au maximum)
- La vitesse
- Le diamètre des buses

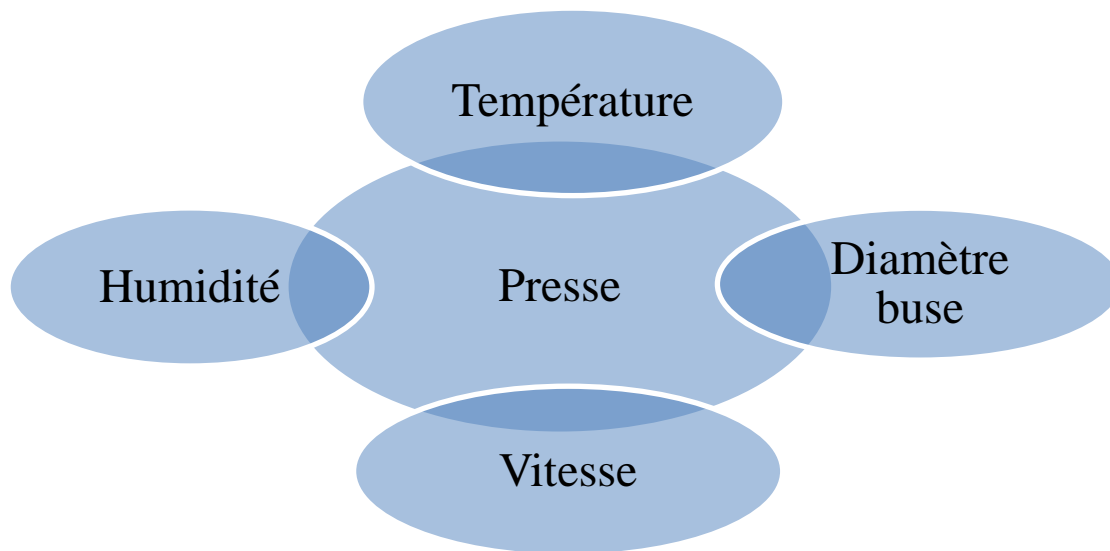


Figure 4: Paramètres influant sur les performances de la presse

Contrairement à l'arachide qui peut subir de fortes températures sans détérioration de la qualité nutritive, l'huile de Moringa perd ses qualités nutritives lorsqu'elle est soumise à de fortes températures. Pour le Baobab la dureté des graines fait que les seuls frottements suffisent à entretenir la température élevée autour 80°C sans buse et pour une vitesse à la position 50.

La presse KK Huile Prince F Universel peut être utilisée pour diverses applications: Colza, moutarde, graines de tournesol, de soja, de lin, de cameline, graines de citrouille, graines de pavot, chia, rubberseed, luffa, croustilles, kahai, carthame, candlenut, marula, **Moringa**, graines de coton, soldat larves de mouches, le cumin noir, pépins de pomme, graines de sésame, amandes de karité, arachide, jatropha , le chanvre, le chardon, le noyer, noisette, argousier, graines de citron, les graines de sureau, d'onagre, de pépins de grenade, de pépins de raisin, d'argan, de coprah, d'autres sur demande. En plus de ces différents types de graines mentionnées dans les documents techniques du constructeur, nous avons trouvé une société sur place (Baobab des Saveurs) qui valorise l'extraction d'huile de Baobab avec cette machine.

La presse est prévue pour plusieurs types de graines. Cependant, les protocoles d'extraction diffèrent d'une graine à l'autre, l'objectif du projet est

d'évaluer la faisabilité de l'extraction continue d'huile de Baobab et de Moringa avec la presse KK Huile Prince F Universal.

Plusieurs tests ont été effectués dans le cadre de cette étude de faisabilité pour évaluer l'influence de différents paramètres sur les performances. Les paramètres les plus influents sont :

- 1 la **température** qui peut être ajustée par une résistance chauffante au démarrage ;
- 2 la **vitesse de rotation** de la machine qui peut être réglée par un variateur de vitesse ;
- 3 la **taille de la buse** par un changement du diamètre de la buse ;
- 4 le **taux d'humidité** de la matière par séchage ;

3.1.3 Test 1 : Vitesse correspondante pour chaque position

Ce test consiste à mesurer avec le tachymètre la vitesse correspondante à chaque position du variateur de vitesse. Le protocole consiste à prendre 5 fois la mesure correspondante à chaque position du variateur de vitesse et de prendre la moyenne. Les résultats des mesures sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2: Vitesse en fonction de la position

Position	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vitesse (tr/mn)	170	570	830	1073	1452	1970	2260	2475	2810

Les résultats de ces tests donnent une variation de 5%. C'est à dire l'écart entre plusieurs mesures de la vitesse pour une même position ne dépasse pas 5%.

3.1.4 Test 2 : Courant de démarrage

Ce test consiste à mesurer le courant de démarrage à vide et en charge. Il s'agit de relever le courant et la tension au démarrage de la machine pour

chaque position du variateur de vitesse. Ce test est effectué 50 fois correspondant à 5 mesures par position (figure 5).

La mise sous tension d'un moteur électrique, principalement le moteur asynchrone provoque un fort appel de courant qui provoque d'importantes chutes de tension dans les installations électriques. Ainsi les mesures faites à partir d'un analyseur de réseau chauvin-Arnoux 8336 permettent d'évaluer la valeur du courant au démarrage de la presse (25,6A sur la figure 5).

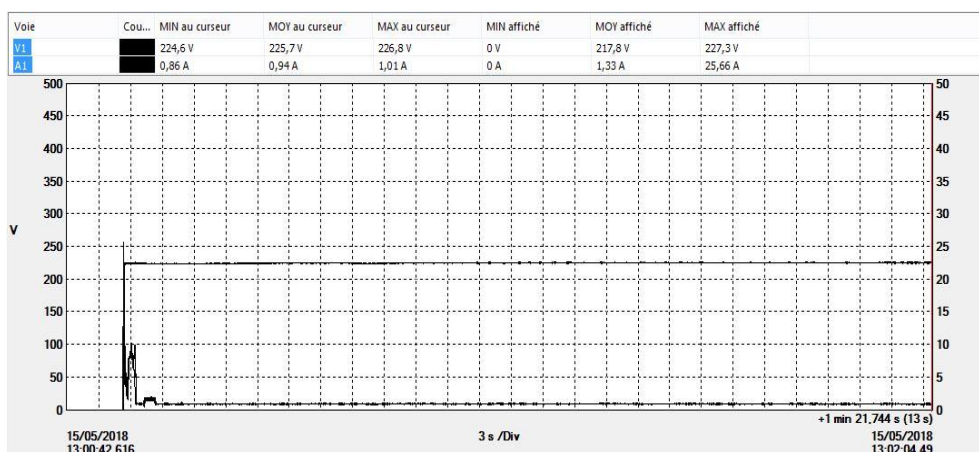


Figure 5: Courant de démarrage de la presse sur le réseau

Une illustration des mesures effectuées est présentée à la figure 6.

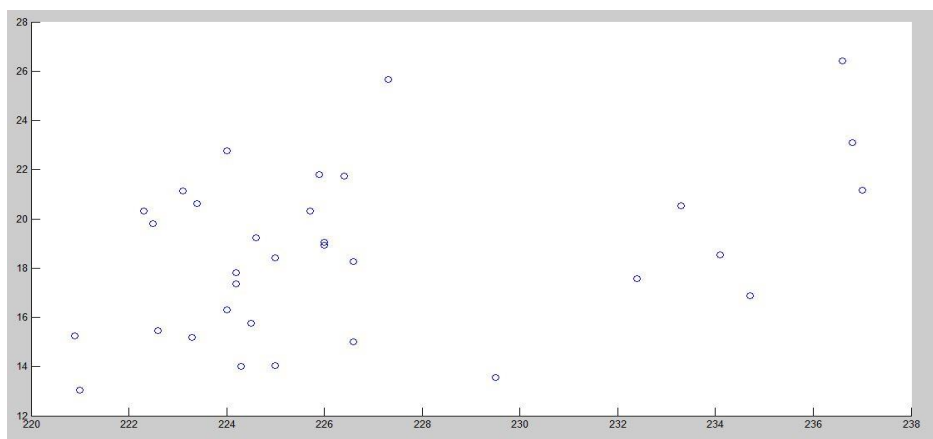


Figure 6: Courant de démarrage en fonction de la tension

La connaissance de la plage de variation de la charge permet de bien dimensionner l'installation électrique, les câbles et les éléments de protection.

3.1.5 Test 3 : Evolution de la température en fonction du temps

Ce test consiste à relever le temps au bout duquel une température ciblée à un point fixé (intérieur de la buse) de la machine est atteinte. L'objectif est de répondre à la question suivante : Combien de temps aurons-nous besoin pour chauffer la résistance pour atteindre une température désirée ? Le tableau 3 présente un résumé des mesures pour température initiale est de 25°C.

Tableau 3: Évolution de la température en fonction du temps

Temps (mn)	7.44	9.58	11.34	12.15	13	13.10	13.44
Température (degré)	60	70	80	90	100	110	120

Le préchauffage se fait uniquement au démarrage de la machine pour accélérer le protocole de démarrage. Les frottements à l'intérieur de la chambre de compression maintiennent la température autour 100°C (sans buse) pour le Baobab qui peut même atteindre 150°C avec les buses de faibles tailles, et de 80°C pour le Moringa. Le chauffage n'est pas nécessaire après le démarrage du processus de pressage de même que pour le Baobab.

Nous recommandons toutefois de préchauffer durant 5 minutes au début avant le démarrage de la machine pour accélérer et améliorer le processus de démarrage. L'absence de chauffage durant l'extraction de certaines huiles (Morenga et Baobab) permet de conserver toutes les qualités de l'huile. Néanmoins, nous avons caractérisé l'évolution de la température en fonction du temps au niveau de la chambre de pressage. Les mesures ont été effectuées avec un thermomètre infrarouge de la figure 7. Le tableau 4 résume les résultats.

Le protocole utilisé pour ces mesures consiste à mettre des graines de baobab dur sans buse, sans préchauffage et d'évaluer l'évolution de la température en fonction du temps avec les frottements dans la chambre de pressage. La température a été mesurée au niveau de la partie extérieure de la chambre de presse (aux points de sortie de l'huile).



Figure 7: Thermomètre infrarouge utilisé lors des tests

Tableau 4: Évolution de la température en fonction du temps avec les graines de Baobab

Temps (seconde)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Température (°C)	37	39	43	46	52	54	57	60	65	65	67	71	72

Les résultats montrent une évolution de la température ambiante vers 80°C. La température a atteint un seuil de stabilité entre 70 et 80°C. Les premières gouttes d'huile commence à sortir à partir de 45°C. Pour le Morenga les seuils sont plus bas.

3.1.6 Test 4 : Influence de la vitesse sur les performances

Les tests sur la vitesse de rotation de la machine permettent de déterminer l'influence de la vitesse sur les performances de la presse.

Pour cela, nous avons fait varier la vitesse pour les 10 positions du variateur de vitesse tout en relevant la vitesse de la machine avec le tachymètre. Tous les essais sont faits avec la même quantité de graines (Baobab et Moringa). Nous avons travaillé sur des échantillons de 200g et sans

buse pour les tests préliminaires, des échantillons de 500g pour caractériser l'influence de la buse et des échantillons de 1kg pour évaluer la capacité de production de la machine.

3.1.7 Test 5 : L'influence des buses

Ce test consiste à changer de taille de buse tout en fixant la température et la vitesse.



Figure 8: Différents diamètres de buse

3.1.8 Test 6 : L'influence de l'humidité

La qualité de l'huile dépend en grande partie de son contenu en acide gras libre produit qui a une influence négative sur l'odeur et le goût de l'huile. Ceci est très important quand l'huile est consommée sur place. Le processus qui libère ces acides gras libres (lipolyses) s'accélère quand la température et l'humidité augmentent. Outre leur mauvaise influence sur l'apparence et le goût des produits séchés et de l'huile pressée, les moisissures produisent également des substances toxiques. Le développement des moisissures sur les produits à huile, se fait à une teneur d'humidité supérieure à 7-8% pour l'arachide. Des tests sur le Moringa et le Baobab sont effectués pour évaluer l'influence de l'humidité des graines sur les performances.

Pour réduire la teneur en eau de l'arachide, nous avons utilisé un séchoir solaire (figure 9). L'arachide est laissée dans le séchoir solaire sous une température en moyenne de 55°C pendant 12h. Au cours de cette opération interviennent deux phénomènes : un transfert de chaleur et un transfert de matière, ce qui augmente le rendement considérable de l'huile.



Figure 9: Séchoir solaire

L'humidité est généralement déterminée selon une approche thermogravimétrique, c'est-à-dire par perte par dessiccation. Dans ce cas, l'échantillon est chauffé et la perte de poids due à l'évaporation de l'humidité est enregistrée.

1) Principe

La teneur en eau est la proportion effective (totale, dosable) d'eau dans l'amande. Elle se fait par perte de poids à la dessiccation entre 103-105°C à l'étuve pendant 2 heures (ou 130°C pendant 90 minutes). Par cette méthode indirecte, on dose toutes les matières volatiles à 105°C.

2) Mode opératoire

- sécher un creuset par passage à l'étuve et refroidissement au dessiccateur jusqu'à la température du laboratoire puis taré.
- Prélever environ 2,5g de l'échantillon dans le creuset préalablement taré ;
- Introduire le creuset ouvert, contenant la prise d'essai, dans l'étuve thermostatée à 105°C pendant 2 heures.
- En opérant rapidement, retirer le creuset de l'étuve et le placer dans le dessiccateur.
- Peser dès que le creuset est refroidi, à la température du laboratoire, (environ 30minutes après)

La teneur en eau en pourcentage est égale à :

$$\% = \frac{100 \cdot (M_0 - M_1)}{PE}$$

- M0 est la masse, en grammes, de la prise d'essai +tare avant séchage
- M1 est la masse, en grammes, de la prise d'essai + tare après séchage
- PE est la prise d'essai.

3.1.9 Protocole de démarrage de la presse

Ce protocole doit être strictement respecté au démarrage pour éviter les blocages évoqués précédemment. Il est constitué de cinq (5) étapes.

Protocole de démarrage de la presse

Etape 1: Préchauffer sans mettre la buse (5 minutes maximum)

Etape 2: Allumer la machine

Etape 3: Laisser produire 3 minutes sans la buse (vitesse un peu plus élevée que vitesse voulue, ex. 60)

Etape 4: Diminuer la vitesse de rotation ou arrêter la machine pour un bref délai (pour mettre la buse facilement)

Etape 5: Mettre la buse et ajuster la vitesse

1. **Etape 1 :** préchauffer à la température désirée sans mettre la buse. Le démarrage d'une presse est l'étape critique. L'étape préliminaire aux essais de pressage est le préchauffage de la chambre de pressage au moyen d'un collier chauffant placé sur la tête de vis. Une fois les conditions de préchauffage atteintes, le chauffage est coupé.
2. **Etape 2 :** Allumer la machine en pressant sur le bouton marche. La rotation de la vis est enclenchée à la vitesse minimale.
3. **Etape 3 :** Laisser produire 3 minutes avant de mettre la buse, mettre progressivement une petite quantité de graines de Moringa ou de Baobab avec environ 6-7% d'humidité au maximum afin de contrôler la vitesse d'alimentation et éviter la surcharge. Si nous entendons un bruit de moteur anormal avant l'expulsion du tourteau, nous arrêtons immédiatement de rajouter de la matière jusqu'à voir apparaître le tourteau, correspondant à une diminution de la charge moteur. Dans le

cas contraire, vous pourriez provoquer une défaillance mécanique, telle que le blocage de l'extrusion ou un arrêt subit de la vis.

4. **Etape 4 :** Diminuer la vitesse très fortement en démarrant la machine avec une faible vitesse ou arrêter la machine pour un bref délai le temps de mettre la buse.
5. **Etape 5 :** Mettre la buse et rajuster la vitesse à celle voulue. Dès que le tourteau formé sort de la machine, on peut graduellement augmenter la charge et rajuster la vitesse à celle voulue en vérifiant le bon fonctionnement continu de la presse.

3.2 Etude de faisabilité de l'extraction d'huile de Moringa

Le *Moringa oleifera* est un arbre cultivé dans toutes les zones tropicales pour ses nombreux usages. Ses bienfaits sont nutritionnels, médicaux, cosmétiques et même industriel (traitement de l'eau avec la graine).

Son huile, tirée des graines, a essentiellement deux usages : cosmétique et alimentaire. La figure 10 montre des extraits de graines de Moringa séchées que nous avons utilisé dans les tests.

L'huile de Moringa est utilisée pour l'alimentaire et le cosmétique. L'utilisation cosmétique est plus fréquente même si sa composition en acides gras est très similaire à celle de l'huile d'olive.

Utilisée en cosmétique, l'huile de Moringa pénètre très rapidement dans la peau, ne laissant pas de sensation grasse, s'avère très hydratante et ne rancit pas.



Figure 10: Graines de Moringa

3.2.1 Tests sur l'influence de la vitesse

Pour évaluer l'influence des différents paramètres, nous avons prélevé des échantillons de 200g de graines de Moringa séchées. Les tests sont précédés de la mesure du taux d'humidité des graines (taux d'humidité = 6%). Nous avons fait varier la vitesse de rotation de la machine de la position 30 à la position 80 et un échantillon est utilisé pour chaque test de position. La machine est nettoyée après chaque test avant le suivant, pour éviter l'influence du test précédent sur le suivant. **Les tests sont effectués sans utilisation de buses.** Le tableau 5 résume les résultats des tests.

Tableau 5 : Test des vitesses de rotation

Vitesse (tr/min)	1811	1730	1360	1073	865	570
Position du variateur	80	70	60	50	40	30
Temps (mn)	2	3	4	6	7	11
Q. Moringa (g)	200	200	200	200	200	200
Q d'huile (ml)	39	40	45	46	47	48
Q. tourteaux (g)	150	150	140	135	125	120
Energie (Wh)	5	6	7	10	15	20
Rendement (%)	17,5	18	20,25	20,7	21,15	21,6

Le tableau 5 montre que la consommation d'énergie ainsi que le temps de pressage augmentent lorsque la vitesse de rotation diminue. Le rendement de l'extraction d'huile augmente aussi lorsque la vitesse de rotation diminue (figure 11).

L'augmentation du rendement en huile pour les petites vitesses est due au long temps de séjour des graines dans la chambre de presse, les graines ont assez de temps d'être bien pressées. Quatre vitesses semblent intéressantes : **1360 tr/mn (position 60), 1073 tr/mn (position 50), 865 tr/mn (position 40) et 570 tr/mn (position 30).**

Pour la vitesse 570 tr/mn (position 30) le temps de pressage est très long (environ 55 min par kg) ce qui représente un inconvénient en terme d'énergie. Pour les vitesses 1360 tr/mn et 1073 tr/mn (position 50 et 60) les temps de pressage sont assez rapides de même que pour la vitesse 865 tr/mn (position 40) mais le meilleur rendement est noté avec la vitesse 865 tr/mn (position 40). Donc nous pouvons retenir que la vitesse de rotation 865 tr/mn (position 40) est la plus efficace pour l'extraction de l'huile de Morenga sans utilisation de buse.

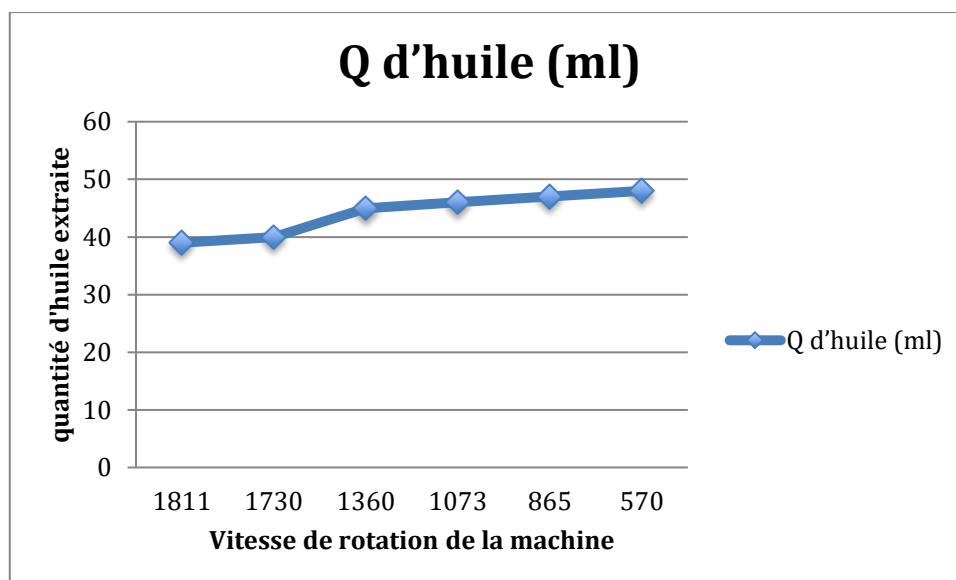


Figure 11 : Effet de la vitesse de rotation de la presse

3.2.2 Tests de l'influence de la taille des buses

Pour connaître l'influence de la taille des buses sur le rendement d'extraction de l'huile, nous avons utilisé des échantillons de 200g. Nous avons travaillé avec la vitesse de rotation 865 tr/mn (position 40).

Les résultats de l'influence de la taille des buses sont consignés dans le tableau 6. Ils montrent une augmentation de la quantité d'huile extraite (rendement) avec une diminution de la taille des buses.

Tableau 6: Influence de la taille des buses

Diamètres buses (mm)	Position du variateur	Temps (mn)	Q. d'huile (ml)	Energie (Wh)	Q. tourteaux (g)	Rendement (%)
16	50	4	49	11,6	150	22
14	50	4	46,4	11	155	20
16	40	6	50	12,2	149	22,5
14	40	7	49,2	23,6	150	22

Plusieurs tests ont été faits sur l'influence de la taille des buses pour le Moringa, cependant, la tendance des résultats va très légèrement dans le sens contraire de ce que nous attendions. En effet, la diminution de la taille des buses devrait augmenter le rendement, ce qui n'est pas le cas. La taille de l'échantillon pourrait expliquer ces résultats (200g).

Le diamètre de la buse influe également sur le rendement en huile. Plus le diamètre de la buse est petit, plus le rendement d'extraction augmente de même que le temps de pressage.

Les meilleurs rendements sont obtenus avec les buses de diamètres 12 et 10 mm. Par contre, quelques problèmes de blocage de la presse ont été notés avec la buse de diamètre 10 mm. En effet, il est plus difficile d'assurer un bon démarrage du pressage avec les buses de petites tailles. La buse de taille 16 nous semble donc plus appropriée.

3.2.3 Tests de l'influence du taux d'humidité

Le taux d'humidité des graines fraîches peut dépasser 20% alors que les meilleures performances sont obtenues en général en dessous de 8%. L'objectif est d'évaluer l'influence du taux d'humidité sur les performances de

la presse. Les graines de Moringa ont été lavées séchées (avec un séchoir solaire) puis caractérisées. Elles avaient un taux d'humidité de 6% juste avant les tests. Nous avons augmenté le taux d'humidité du Moringa afin de voir son influence sur le rendement d'extraction.

Pour ce faire, on humidifie une certaine quantité de graines de Moringa afin de passer de 6 à **15% d'humidité**, nous utilisons ensuite des échantillons de 200g pour le pressage avec trois vitesses de rotation : 1811 tr/mn (position 80), 1360 tr/mn (position 60) et 865 tr/mn (position 40).

Le tableau 7 donne les résultats obtenus :

Tableau 7: Tests de l'influence de l'humidité pour le Morenga (humidité 15%)

Vitesses (tr/mn)	Temps (mn)	Q. d'huile (mL)	Q.tourteaux (g)	Energie (Wh)	Rendement (%)
80	4	5	190	12	2,5
60	8	1	195	15	0,5
40	10	0	195	27	0

Avec l'augmentation du taux d'humidité du Moringa nous notons de très faibles rendements d'extraction, mais également une très mauvaise qualité de l'huile qui sort sous forme de patte (voir figure 12) et un blocage de la presse. Nous pouvons donc retenir qu'avec des taux d'humidité assez élevés du Moringa, on obtient de faibles rendements d'extraction.

Nous avons obtenu des résultats similaires avec le Moringa moulu en poudre pour un taux d'humidité de 13%, sans buse et pour une vitesse à la position 50. En effet, le temps de pressage est passé de 4 minutes (Moringa à 6%) à 8 minutes pour la poudre de Moringa à 13% et l'énergie consommée de 1,3 Wh à 55 Wh.

Le séchage du Morenga autour de 6 à 7% est indispensable pour obtenir de bonne performance.



Figure 12: Résultats de l'extraction du Morenga avec un taux d'humidité de 13-15%

3.2.4 Tests de la capacité de production de la machine

La capacité de production de la machine dépend de la vitesse de rotation mais également de la taille des buses (du protocole utilisé). Nous avons effectué ces tests avec le protocole suivant :

- Test en continu sur une heure ;
- Graines de Moringa à 6% de taux d'humidité ;
- Taille des buses à 14.

Nous avons évalué la quantité de graines pressées par heure ainsi que l'énergie consommée.

Le tableau 8 renseigne sur la capacité de la machine pour une vitesse de 1073 tr/mn (position 50) et une durée d'une heure de temps.

Tableau 8 : Mesure de la capacité de la machine

Quantité de Moringa pressée (kg)	Diamètres buses (mm)	Position du variateur	Temps (mn)	Q. d'huile (ml)	Energie (Wh)

3kg	14	50	60	696	165
-----	----	----	----	-----	-----

Nous avons pu presser 3 kg de Moringa en 1h, soit une **capacité de 3 kg/h** suivant le protocole : vitesse à la position 50 (1073 tr/mn), taille buse 14mm. Ces résultats montrent aussi une **consommation énergétique de 55Wh /kg**. Le **rendement d'extraction est égal à 21%** dans ces conditions.

Il faut signaler que la capacité d'extraction augmente avec la vitesse de pressage mais au détriment du rendement.

3.3 Etude de faisabilité de l'extraction d'huile de Baobab

Le baobab, l'arbre le plus facilement reconnaissable dans les savanes Africaines, est présent dans la plupart des régions subhumides à semi-arides au sud du Sahara.

Son huile, extraite des graines, est très utilisée en cosmétique, car elle possède de nombreux bienfaits pour la peau et les cheveux.

La figure 13 montre des graines de Baobab séchées que nous avons utilisées dans les tests.



Figure 13:Graines de baobab

3.3.1 Tests de l'influence de la vitesse de rotation de la presse

Comme pour le Moringa, nous allons déterminer l'influence de la vitesse de rotation sur le rendement d'extraction de l'huile. Pour ce faire, nous avons pressé des masses de 1kg de graines de baobab (taux d'humidité = 8%) avec des vitesses de rotation différentes.

Nous avons fait varier la vitesse de rotation de la machine de la position 40 à la position 80 par pas de 20 et un échantillon est utilisé pour chaque test de position. La machine est nettoyée après chaque test avant le suivant pour éviter l'influence du test précédent sur le suivant. **Les tests sont effectués sans utilisation de buses.** Le tableau 9 résume les résultats des tests.

Tableau 9: Test des vitesses de rotation

A	Vitesses (tr/min)	1811	1360	865
	Position du variateur	80	60	40
	Temps (mn)	3	4	9
	Q. graines baobab (kg)	1	1	1
	Q d'huile (ml)	0	25	70
	Q. tourteaux (g)	980	970	920
	Energie (Wh)	25	29	63
	Rendement (%)	0	2,5	6,5

travers ces résultats, nous constatons que comme pour le pressage des graines de Moringa, le rendement d'extraction d'huile, de même que le temps de pressage et l'énergie consommée augmentent avec la diminution de la vitesse de rotation de la presse. Il faut noter une grande augmentation de la consommation énergétique avec 25Wh pour la vitesse de 1811 tr/mn au lieu de 5Wh pour le Moringa, 29Wh pour la vitesse de 1360 tr/mn au lieu 7Wh pour le Moringa et 63 Wh pour la vitesse de 865 tr/mn au lieu 15Wh pour le Moringa. Il faut également noter la faiblesse des rendements due en grande partie au faible taux d'huile contenu dans les graines de Baobab (autour de

10%). Cependant, nous avons noté des blocages de la presse avec la vitesse 865 tr/mn (position 40) et ceci dans plusieurs tests.

En vue d'éviter les blocages de la machine et réduire la consommation énergétique, nous avons moulu les graines de Baobab (avec un moulin à mil) et travaillé avec la poudre obtenue. Comme pour les graines, nous avons utilisé des quantités de 1kg de poudre de Baobab pour le pressage.

La figure 14 montre un extrait de la poudre de graines de Baobab que nous avons utilisé dans les tests.



Figure 14: Graines de Baobab moulues

Le tableau 10 résume les résultats des tests avec la poudre de graines de Baobab.

Tableau 10: Tests avec les vitesses de rotation

Vitesse (tr/min)	1811	1360	865
Position du variateur	80	60	40
Temps (mn)	2	9	11
Q. graines baobab	1	1	1
Q. d'huile (ml)	0	9	50

Q. tourteaux (g)	990	980	920
Energie (Wh)	13	15	28
Rendement (%)	0	1	5

Nous constatons que pour une même vitesse, le pressage de la poudre de Baobab consomme presque deux fois moins d'énergie que celle des graines. Ceci est expliqué par le fait que les graines sont beaucoup plus volumineuses et plus dures, donc leur pressage consomme plus d'énergie.

Par contre, nous remarquons un faible rendement pour l'extraction de l'huile par rapport à l'utilisation des graines.

3.3.2 Tests de l'influence de la taille des buses

Pour cette étude comme pour celle de l'influence de l'humidité, nous avons utilisé la poudre de baobab pour le pressage, ceci à cause des blocages qu'entraînent les graines surtout avec les faibles vitesses. Nous avons utilisé des échantillons de 1kg et nous avons travaillé avec la vitesse de rotation 865 tr/mn (position 40).

Le tableau 11 donne les résultats obtenus :

Tableau 11 : Test de l'influence de la taille des buses (vitesse de rotation 865 tr/mn)

Diamètre s buses (mm)	Temps (mn)	Quantité d'huile (mL)	Q. tourteau x (g)	Energie (Wh)	Rendement (%)
16	9	80	900	28	7,5
14	11	90	895	32	8
12	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-

Nous constatons qu'en diminuant de taille de buse, le rendement d'extraction tend à augmenter. Cependant, pour les buses de diamètres 12 et 10 mm, nous constatons des blocages de la presse.

3.3.3 Tests de l'influence du taux d'humidité de la poudre de Baobab

Nous avons humidifié une certaine quantité de poudre de Baobab pour passer de 8 à 13% d'humidité, nous avons utilisé ensuite des échantillons de 2kg pour le pressage avec deux vitesses de rotation : 1360 tr/mn (position 60) et 1073 tr/mn (position 50). Les résultats sont consignés dans le tableau 12.

Tableau 12: Tests de l'influence de l'humidité pour le Baobab

Vitesses (tr/mn)	Temps (mn)	Q. d'huile (ml)	Taux d'humidité	Energie (Wh)	Rendement (%)
50	16	95	8	29	4,45
60	8	70	8	13	3,25
50	16	58	13	70	2,72

Avec l'augmentation du taux d'humidité de la poudre de baobab jusqu'à 13%, nous obtenons un rendement d'extraction qui diminue. Un blocage de la presse a été également remarqué avec les faibles vitesses (position 40 et 30) ou encore avec l'usage des buses.

Augmentation du taux d'humidité des graines de 8% à 13% entraine une diminution du rendement de 7,5% à 2,72% et une augmentation de la consommation énergétique de 29Wh à 70Wh (plus que le double). Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait qu'une augmentation de l'humidité, donc de la disponibilité en eau, va entrainer une émulsion entre l'eau et l'huile et créer ainsi un compactage avec les tourteaux, ce qui crée par la suite le blocage.

3.3.4 Tests de la capacité de production de la machine

La capacité de production de la machine dépend de la vitesse de rotation mais également de la taille des buses. Nous avons effectué ces tests avec le protocole suivant :

- Test en continue sur une heure ;
- Graine de Baobab à 8% de taux d'humidité ;
- Nous avons travaillé sans buse, pour éviter les blocages répétitifs.

Nous avons évalué la quantité de graines pressées par heure ainsi que l'énergie consommée par kg.

Le tableau 13 renseigne sur la capacité de la machine pour une vitesse de 1360 tr/mn (position 60) et une durée d'une heure de temps.

Tableau 13: Mesure de la capacité de la machine

Quantité de Baobab pressée (kg)	Position du variateur	Temps (mn)	Q. d'huile (mL)	Energie (Wh)
15	60	60	600	435

Nous avons pu presser 15 kg de graines de Baobab non moulu en 1h, soit une **capacité de 15 kg/h** suivant le protocole : vitesse à la position 60 (1360 tr/mn), sans buse. Ces résultats montrent aussi une **consommation énergétique de 29Wh /kg**. Le rendement d'extraction est égal à **3,6%** dans ces conditions. Il faut noter également que les graines de Moringa sont très légères comparées à celles de baobab, ce qui fait qu'elles descendent lentement dans la presse.

Les résultats présentés dans la section 3.3.1 montrent que l'on peut augmenter le rendement de 3,6% à **6,5%** en diminuant la vitesse de la position 60 à la position 40. Dans ces conditions, la capacité de la machine est de **6,7kg/h** pour une consommation de **63Wh/kg**. On perd ainsi en capacité et on augmente la consommation énergétique pour augmenter le rendement.

Leçons retenues: Les expériences effectuées ont permis de savoir qu'un préchauffage de 5 minutes au maximum permet de faciliter le démarrage. Toutefois, il est possible de démarrer sans préchauffage en remettant les résidus 2 à 3 fois avant d'atteindre la température permettant l'extraction d'huile pour le Baobab. Ceci permet d'éviter la caramélisation et le blocage de la machine. La consommation d'énergie et le temps de pressage augmentent pour les faibles vitesses de rotation. Un compromis peut être trouvé entre le temps de pressage (qui augmente

avec la consommation énergétique) et le rendement (quantité d'huile extraite). En effet, les vitesses 1360 tr/mn (position 60), 1073 tr/mn (position 50) et 865 tr/mn (position 40) présentent un bon compromis entre le temps de pressage et le rendement d'extraction. Il reste donc à faire un compromis entre le rendement d'extraction, la consommation d'énergie, le temps de pressage et la simplicité de l'extraction (éviter les blocages de la machine).

Nous recommandons pour le Moringa un taux d'humidité de 6%, une vitesse à la position 50 et une taille des buses 16mm.

Nous recommandons pour le Baobab un taux d'humidité entre 7 et 8 %, une vitesse minimale à la position 50 et une taille des buses maximales ou même sans buse.

3.4 Tests de la qualité de l'huile de Moringa et de Baobab

Les analyses effectuées sont essentiellement celles réalisées pour la caractérisation physico-chimiques des huiles végétales alimentaires.

3.4.1 Indice de réfraction: (selon AFNOR NFT 60-212)

L'indice de réfraction est une propriété physique caractéristique des liquides qui permet de vérifier leur pureté. Il dérive du fait que la vitesse de la lumière change lorsque le rayon lumineux traverse le liquide. Cet indice varie avec la température de mesure et est fonction de la longueur d'onde de la lumière utilisée. L'indice de réfraction d'une huile est égal au rapport de la vitesse de la lumière dans le vide par celle dans l'huile. C'est également le rapport du sinus de l'angle d'incidence par le sinus de l'angle de réfraction. La figure 15 montre le matériel de réfractomètre d'ABBE utilisé.



Figure 15 : réfractomètre d'ABBE

- Mode opératoire :

Régler la température t' de l'appareil de manière qu'elle ne s'écarte pas plus de 3°C de la température de référence $t = 20^{\circ}\text{C}$ pour les huiles.

Maintenir cette température t' à $0,5^{\circ}\text{C}$ près pendant tout l'essai. Amener l'échantillon préparé à la même température de mesure par immersion du récipient le contenant dans un bain à température requise.

Effectuer la mesure conformément aux instructions opératoires de l'appareil utilisé, et lire l'indice de réfraction à $0,0002$ près en valeur absolue.

- Expression des résultats :

Rapporter les valeurs lues sur l'appareil à la température en effectuant une correction selon la formule suivante si l'écart entre la température de référence t et t' est 3°C :

$$n_t D = n_{t'} D + (t' - t) F \text{ si } t' > t$$

$$n_t D = n_{t'} D + (t - t') F \text{ si } t' < t$$

Avec t' : température lue [$^{\circ}\text{C}$];

t : température de référence [$^{\circ}\text{C}$];

F : facteur de correction, fonction de la température, $F = 0,00035$ pour les huiles.

3.4.2 Indice de saponification : (selon AFNOR NFT 60-206)

L'indice de saponification est le nombre de milligrammes de potasse caustique nécessaire pour neutraliser les acides gras libres et pour saponifier les acides gras combinés dans 1g de corps gras. La quantité de potasse varie avec la masse molaire des acides gras. Plus la masse molaire est élevée, plus l'indice de saponification est faible. Ainsi, il permet de contrôler la pureté de l'huile mais aussi son aptitude à la saponification.

- Réactifs :

Solution d'acide chlorhydrique 0,5N ; Potasse éthanolique (éthanol à 95°) à 0,5N ; Phénolphthaléine à 1% dans l'éthanol.

- Mode opératoire :

Peser 2g de corps gras à 10^{-3} près pour la prise d'essai dans un petit erlen. Ajouter à l'aide de l'éprouvette 25ml de la solution de potasse éthanolique et quelques pierres ponce.

Relier le réfrigérant à reflux à l'erlen puis le placer sur le dispositif de chauffage et faire bouillir doucement en agitant de temps en temps pendant 1h, sauf pour les corps gras à haut point de fusion pour lesquels la durée de l'ébullition doit être de 2h.

Ajouter 3 à 5 gouttes de phénolphthaléine à la solution chaude et titrer avec la solution d'acide chlorhydrique jusqu'à ce que la couleur rose disparaisse. Effectuer un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant également 25ml de la solution de potasse éthanolique sans la prise d'essai.

- Expression des résultats :

$$I_a(\text{mg de KOH/g}) = \frac{56.1 \cdot N \cdot (V_0 - V_1)}{m} \quad [\text{mg KOH/g d'huile}]$$

Avec :

N : normalité exacte de la solution d'acide chlorhydrique ;

V_0 : volume d'acide chlorhydrique utilisé dans l'essai à blanc [ml] ;

V_1 : volume d'acide chlorhydrique utilisé avec le corps gras [ml];

m: masse exacte de la prise d'essai [g].

3.4.3 Indice d'acide Ia: (selon AFNOR NFT 60-204)

L'indice d'acide est le nombre de milligrammes de potasse caustique (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides gras libres contenus dans 1g de corps gras. Cet indice est exprimé en acidité oléique pour les huiles végétales alimentaires et l'acidité est l'expression conventionnelle du pourcentage d'acides gras libres.

Il augmente au cours du vieillissement de l'huile et renseigne sur son degré d'altération, par conséquent, il peut servir à son contrôle qualité.

- Réactifs :

Solution de potasse éthanolique (utiliser de l'éthanol à 95°) de concentration 0,1mol/l donc de normalité 0,1N ; Phénolphthaléine à 1% dans l'éthanol.

- Mode opératoire :

Peser une masse de 1g de corps gras dans un bécher à 10⁻³ près.

Verser une quantité d'éthanol (environ 10ml) à 95° sur l'huile et agiter très énergiquement jusqu'à ce que l'huile soit dissoute ; Ajouter 3 à 5 gouttes de phénolphthaléine.

Titrer le mélange en agitant très énergiquement avec la solution de potasse éthanolique de normalité 0,1N jusqu'à coloration rose persistante.

Noter le volume V de la solution titrante versé.

- Expression des résultats :

$$I_a (\text{mg de KOH/g}) = \frac{N \cdot V \cdot 56.1}{m} \quad [\text{mg KOH/g d'huile}]$$

Avec :

N: normalité exacte de la solution de potasse éthanolique ;

V: volume de la solution de potasse éthanolique [ml] ;

m: masse exacte de la prise d'essai [g].

3.4.4 Résultats des tests effectués

Le tableau 14 montre les résultats obtenus lors de la caractérisation physicochimique de l'huile de Moringa et celle de Baobab.

Tableau 14 : Paramètres physicochimiques des huiles de Moringa et de Baobab

Indices de caractérisation	Huile de Moringa test	Huile de Baobab test	Référence Moringa	Référence Baobab

Indice de réfraction	1,463	1,465	1,465 - 1,467	1,466-1,470
Indice de saponification	179	171	176 - 199	170-200
Indice d'acide	1,3	0,15	1,3 - 2,58	Max 2

Les résultats obtenus pour les tests sur la qualité des huiles de Moringa et de baobab sont satisfaisants, ces derniers sont conformes à ceux décrits dans la littérature (Tableau 14).

3.5 Dépulpage des graines de Baobab

La pulpe de baobab ainsi que la graine peuvent être séparées et valorisées chacune de son côté. La pulpe peut être consommée en jus, c'est un excellent réhydratant, et il est de plus en plus utilisé sous forme de sirop, glace, confiture, gâteaux sucrés, des bonbons et de compléments alimentaires. La graine quant à elle peut servir à produire de l'huile qui sera utilisée dans la fabrication de produits cosmétiques.

3.5.1 Méthodologies d'extraction

Nous avons principalement deux méthodologies d'extraction de la pulpe de Baobab :

- 1. Le trempage des graines dans l'eau (250g dans 1l d'eau)**
- 2. L'utilisation d'un mortier et d'un pilon pour enlever la pulpe**

La figure 16 montre des graines de baobab avec leur pulpe (a), la méthode de dépulpage avec de l'eau (b) et la méthode de dépulpage à l'aide d'un mortier.



Figure 16: Graines de baobab et méthodes d'épluchage

3.5.2 Résultats de l'extraction

Nous allons utiliser les trois méthodes sur des échantillons de 250g de Baobab :

1. **Méthode 1 : Le trempage des graines dans l'eau (250g dans 1l d'eau)**
2. **Méthode 2 : L'utilisation d'un mortier et d'un pilon pour enlever la pulpe**
3. **Méthode 3 : Une méthode hybride qui consiste à utiliser d'abord la deuxième méthode et l'usage de l'eau chaude pour les résidus de la première méthode.**

La figure 17 montre les graines de baobab dépulpées à l'aide d'un mortier et d'un pilon :



Figure 17: Graines de baobab dépulpées à l'aide d'un mortier et d'un pilon

Les résultats montrent que les graines de baobab ne sont pas dépulpées entièrement avec la deuxième méthode, il reste toujours de la pulpe sur la surface des graines. La figure 15 montre les graines de baobab dépulpées à l'aide d'un mortier et d'un pilon.

La première méthode utilisant l'eau est plus efficace. En effet, avec le trempage des graines dans l'eau, nous parvenons à obtenir des graines propres complètement dépulpées. Pour une masse initiale de 250g, les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 15.

Le trempage (méthode 1) est un moyen assez efficace pour le dépulpage des graines de baobab, mais il présente un petit inconvénient qui est la lenteur du traitement.

La méthode hybride mise en place consiste à utiliser le mortier en premier lieu pour enlever une grande partie de pulpe, puis s'ensuit le trempage des graines dans de l'eau chaude pour enlever la pulpe restante. Cette méthode (utilisation du mortier + trempage des graines dans de l'eau chaude) s'est avérée être plus efficace comme le montre le tableau 15.

4 Annexe : Récapitulatifs des tests effectués

Tests effectués avec le MORENGA pour des échantillons de 200g par tests

Paramètres				Résultats scientifiques				
Vitesse de rotation	Taille de la buse	Taux d'humidité	Graine ou poudre	Capacité (Kg/h)	Quantité d'Huile (mL)	Qualité	Température de pressage	Consommation d'énergie (KW/h)
40	sans	3,61	Graine/M	3	41		110	0.024
50	sans	3,61	Graine/M	6	38		110	0.015
60	sans	3,61	Graine/M	7,7	37		100	0.014
70	sans	3,61	Graine/M	12	31		100	0.009
40	14	3,61	Graine/M	4	35		120	0.025
50	14	3,61	Graine/M	5,15	41		120	0.018
60	14	3,61	Graine/M	5,15	42		115	0.019
70	14	3,61	Graine/M	6	42		115	0.018
40	12	3,44	Graine/M	2,4	39		125	0.024
50	12	3,44	Graine/M	4,5	43		120	0.023
60	12	3,44	Graine/M	4	32		120	0.024
70	12	3,44	Graine/M	6	31		120	0.019
40	16	6%	Graine/M	1.33	45	OK	60	0.054
50	16	6%	Graine/M	1.67	42	OK	55	0.041
60	16	6%	Graine/M	2.41	40	OK	41	0.032
70	16	6%	Graine/M	4	38	OK	35	0.025
40	16	13%	Graine/M	1.54	huile visqueux		57	0,558
40	14	6%	Graine/M	1.18	48	OK	42	0.045
40	12	6%	Graine/M	1.18	50	OK	57	0.05
40	14	6%	Poudre/M	1.33	46	OK	55	0.028
40	12	6%	Poudre/M	1.34	46	OK	54	0.025

Tests effectués avec le BAOBAB pour des échantillons de 500g par test

Paramètres				Résultats scientifiques					
Vitesse de rotation	Taille de la buse	Taux d'humidité	Graine ou poudre	Capacité (Kg/h)	Quantité d'Huile (mL)	Qualité	Température de pressage	Temps de pressage	Consommation d'énergie (KW/h)
40	sans	5,75 %	Poudre/B	6	37		125	5min	0.045
50	sans	5,75 %	Poudre/B	10	35		120	3min	0.023
60	sans	5,75 %	Poudre/B	15	25		120	2min	0.0217
70	sans	5,75 %	Poudre/B	15	30		120	2min	0.018
50	16	5,75 %	Poudre/B	4,3	46		135	7min	0.071

Tests de la capacité pour des échantillons de 2 kg de MORENGA

Paramètres	Résultats scientifiques
------------	-------------------------

Vitesse de rotation	Taille de la buse	Taux d'humidité	Graine ou poudre	Capacité (Kg/h)	Quantité d'Huile (mL)	Qualité	Température de pressage	Temps de pressage	Consommation d'énergie (KW/h)
50	12	3,44	Graine/M	2,07	525		130	58min	0.391
50	14	3,44	Graine/M	2,5	473		120	48 min	0.353
50	16	3,44	Graine/M	2,67	500		120	45min	0.334

Tests de la capacité pour des échantillons de 1kg de BAOBAB

Paramètres				Résultats scientifiques					
Vitesse de rotation	Taille de la buse	Taux d'humidité	Graine ou poudre	Capacité (Kg/h)	Quantité d'Huile (mL)	Qualité	Température de pressage	Temps de pressage	Consommation d'énergie (KW/h)
50	sans	5,98 %	Graine/B	6,67	52		140	9min	0.109
50	16	5,98 %	Graine/B	6	56		145	10min	0.11
50	16	5,98 %	Poudre/B	10	85		130	6min	0.074